

**ANALISA PENGARUH *FILLER METAL* ZINC TERHADAP SIFAT
MEKANIK SAMBUNGAN BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA
BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA



PUBLIKASI ILMIAH

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

SESA JATI MASTIKA

NIM : D 200 120 099

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER METAL* ZINC TERHADAP SIFAT
MEKANIK SAMBUNGAN BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh :

SESA JATI MASTIKA

D 200 120 099

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Muh. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.
NIK. 976

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISA PENGARUH *FILLER METAL* ZINC TERHADAP SIFAT
MEKANIK SAMBUNGAN BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM

Oleh :

SESA JATI MASTIKA

D 200 120 099

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 12 Oktober 2016
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Muh. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Supriyono, S.T., M.T., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Masyrukan, M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 11 Oktober 2016

Penulis



SESA JATI MASTIKA
D 200 120 099

ANALISA PENGARUH FILLER METAL ZINC TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA BAJA TAHAN KARAT DAN ALUMINIUM

Abstrak

Ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis menuntut manusia untuk berinovasi dalam penghematan energi. Sebuah kendaraan dengan efisiensi bahan bakar yang tinggi merupakan salah satu solusi untuk penghematan energi yang salah satunya dapat diperoleh dengan mengurangi berat kendaraan. Jenis material yang digunakan akan mempengaruhi berat dari kendaraan. Baja tahan karat dan aluminium adalah material yang tidak bisa lepas dalam industri otomotif. Namun dalam proses manufaktur, pengelasan antara baja tahan karat dan aluminium sulit dilakukan karena titik leburnya yang jauh berbeda. Penelitian ini mencoba untuk mengetahui kekuatan sambungan las titik beda material dengan menggunakan filler maupun tanpa filler. Material menggunakan baja tahan karat tipe ferit seri 430 tebal 1 mm dan aluminium seri 6019 tebal 1,2 mm dengan zinc (Zn) sebagai filler tebal 0,2 mm. Proses pengelasan menggunakan mesin las titik merk Dayok model OK-25. Spesimen dibagi menjadi 2 kelompok yaitu menggunakan filler dan tanpa filler dengan variasi arus 6000 A, 7000 A, dan 8000 A. Sedangkan variasi waktu yaitu 0,2 dt; 0,3 dt; dan 0,4 dt. Pengujian dilakukan untuk menentukan sifat mekanik sambungan las titik yaitu pengujian beban tarik-geser (Tensile Shear Load) dan pengujian kekerasan Vickers microhardness. Pengujian beban tarik-geser menggunakan standar pengujian ASME IX. Sedangkan pengujian kekerasan Vickers microhardness menggunakan standar pengujian AWS D8.9-97. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan filler metal zinc dengan variasi arus dan waktu berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las. Begitu pula pada hasil uji kekerasan spesimen dimana terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan pada daerah sambungan las dibandingkan dengan logam induk. Untuk hasil pengujian beban tarik-geser yang optimal terjadi pada spesimen menggunakan filler metal zinc pada variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik dengan nilai sebesar 1235,165 N. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi juga terdapat pada daerah logam las (nugget) spesimen menggunakan filler dengan arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.

Kata Kunci: las titik, logam tak sejenis, sifat mekanik

Abstracts

Availability of fossil fuels dwindling human demands for innovation in energy savings. A vehicle with high fuel efficiency is one solution to the energy savings that can be obtained by reducing vehicle weight. The type of material used will affect the weight of the vehicle. Stainless steel and aluminum is a material that can not be separated in the automotive industry. However, in the manufacturing process, the welding between stainless steel and aluminium is difficult because its melting point are much different. This study investigates the strength of welded joints different points using a filler material with or without filler. Material uses ferrite type stainless steel 1 mm thick 430 series and 6019 series aluminum 1.2 mm thick zinc with 0.2 mm thick as filler. Welding process

using spot welding machine brands Dayok OK-25 models. Specimens were divided into 2 groups: using filler and non filler with current variations are 6000 A, 7000 A and 8000 A. The time variations are 0.2 s; 0.3 s; and 0.4 s. Tests were conducted to determine the mechanical properties of welded joints that tensile shear load testing and microhardness Vickers hardness testing. Tensile shear load testing using standard testing ASME IX. While the Vickers hardness testing using standard testing microhardness AWS D8.9-97. Result showed that the addition of zinc filler metal with a variety of current and time weld significantly influence the strength of the weld joint. Similarly, the results of hardness test specimen where there is a significant increase in hardness at weld joint areas compared with the base metal. For optimum tensile shear load test occurred on the specimen using a zinc filler metal at 8000 A current variation and a time of 0.4 seconds with a value of 1235.165 N. The highest hardness values are also present in the area of the weld metal (nugget) specimens using a filler with a current of 8000 A and a time of 0.4 seconds.

Keywords: *spot welding, dissimilar metal, mechanical properties*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Las resistensi listrik adalah suatu cara pengelasan di mana permukaan pelat yang disambung ditekan satu sama lain dan pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistensi listrik Wiryosumarto, H. Dkk (2000). Aravinthan, A. dan Nachimani, C. (2011) mengatakan bahwa mobil saat ini memiliki rata-rata 3000 sampai 4000 sambungan las titik.

Aluminium memiliki keuntungan dengan bobotnya yang lebih ringan daripada baja, tetapi peran baja tidak bisa dihilangkan karena berat pada baja dibutuhkan dalam rangka menjaga traksi kendaraan. Dalam proses manufaktur, penyambungan antara baja tahan karat dengan pengelasan sulit dilakukan karena titik leburnya yang jauh berbeda. Atabaki M, dkk (2013) mengatakan untuk mengatasi masalah terkait dengan sambungan *resistance spot welding* secara langsung pada paduan aluminium dan baja diperlukan lapisan transisi yang *compatible* untuk kedua sisi material pada daerah sambungan las. Lapisan transisi adalah lembaran logam untuk sisi aluminium dan sambungan las dibuat menggunakan ujung tembaga dari mesin *spot welding*.

Penelitian ini mencoba untuk mengetahui kekuatan sambungan las titik beda material dengan menggunakan *filler* maupun tanpa *filler*.

1.2 Tujuan Penelitian

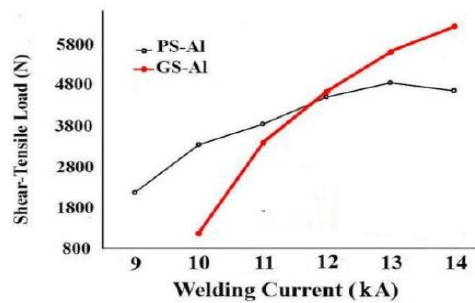
1. Mengetahui pengaruh *filler metal* seng (Zn) pada pengelasan beda material dengan las titik terhadap kekuatan sambungan las dengan analisis grafis dan statistik.
2. Mencari variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap daya beban dukung geser sambungan las serta mengetahui jenis kegagalan sambungan las yang terjadi.
3. Membandingkan peningkatan kekerasan logam induk (*Base Metal*), daerah yang terpengaruh panas (HAZ) dan logam las (*nugget*) antara baja tahan karat dan aluminium.
4. Mencari variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap kekerasan sambungan las

1.3 Batasan Masalah

1. Suhu ruangan saat proses pengelasan dianggap selalu konstan
2. Kekasaran permukaan semua spesimen sama
3. Arus dan *weld time* yang dikeluarkan pada saat pengelasan sesuai dengan indikator yang tertera pada panel
4. Gaya yang diberikan pada pedal las titik saat pengelasan dianggap selalu sama.
5. Perhitungan *holding time* pada stopwatch dianggap sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu 5 detik.
6. Besarnya diameter elektroda las titik dianggap konstan.
7. Pada pengujian kekerasan, pemotongan spesimen sudah berada tepat di tengah logam las dan pengujian sudah tepat di daerah *Base Metal*, HAZ dan *Weld Nugget*.

1.4 Tinjauan Pustaka

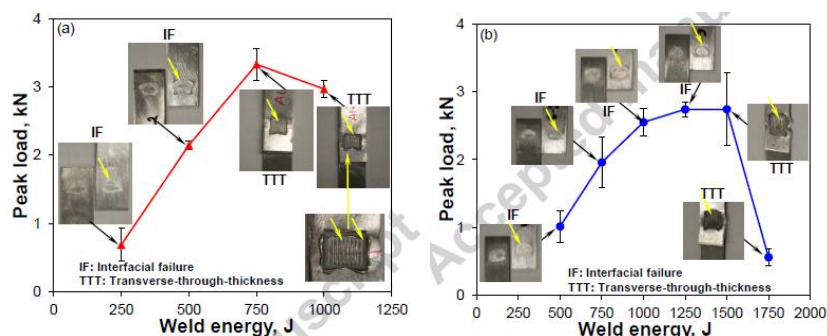
Arghavani, M. dkk (2016) melakukan penelitian pengaruh lapisan seng pada *resistence spot welding* sambungan beda material antara baja dan aluminium. Sambungan terdapat 2 jenis, yaitu material baja St-12 dengan aluminium seri 5052 (PS-AL) dan antara baja galvanis dengan aluminium seri 5052 (GS-AL).



Gambar 1. Grafik hubungan antara arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan geser (Arghavani, M. dkk, 2016)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan geser dari sambungan material baja st-12 dan aluminium mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada sambungan baja galvanis dan aluminium. Hal ini berhubungan dengan rendahnya kontak hambatan sambungan baja galvanis/Al-5052 dan konsumsi panas dengan mencairnya lapisan seng pada baja galvanis. Variasi arus pengelasan juga berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las. Semakin besar arus yang diberikan maka semakin besar pula kekuatan yang dihasilkan sambungan las. Hal ini disebabkan karena diameter *nugget* yang semakin besar seiring besarnya masukan panas yang diterima. Walaupun plat baja tidak meleleh selama pengelasan, namun plat Al-5052 meleleh dan membentuk *weld nugget*.

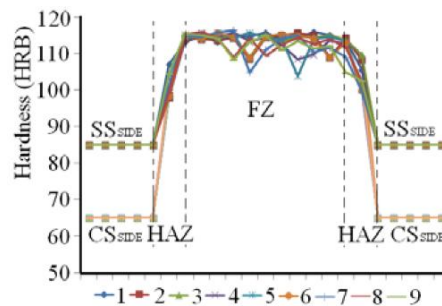
Penelitian tentang kekuatan sambungan las dan tipe kegagalan sambungan las beda material antara aluminium dan baja tahan karat pernah dilakukan oleh Mirza, F. dkk (2016). Pengelasan menggunakan *ultrasonic spot welding* (USW) terhadap 2 macam sambungan material, yaitu antara aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 dan aluminium 6061-T6 dengan baja ASTM A36.



Gambar 2. Pengaruh energi pengelasan pada beban maksimal pengujian tarik-geser dan tipe kegagalan sambungan las USW material (a) aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 (b) Al 6061-T6 dengan baja ASTM A36. Jenis kegagalan sambungan dan lokasi kegagalan ditunjukkan dengan panah kuning (Mirza, F. dkk, 2016)

Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua sifat kegagalan yang terjadi setelah pengujian tarik-geser. Dua sifat kegagalan tersebut adalah *interfacial failure* (IF) dan *transverse through thickness* (TTT) pada gambar 2.3. Sambungan aluminium 6061-T6 dengan baja tahan karat AISI 304 pada input energi 250 dan 500 J terjadi kegagalan tipe *interfacial failure*, sedangkan input energi 750 dan 1000 J terjadi kegagalan *transverse through thickness* (TTT). Sambungan Al 6061-T6 dengan baja ASTM A36 pada input energi 500;750; 1000; 1250 J terjadi kegagalan tipe *interfacial failure*, sedangkan input energi 1500 dan 1750 J *transverse through thickness* (TTT). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa jika input energi pengelasan rendah maka cenderung terjadi tipe kegagalan *interfacial failure* dan input energi pengelasan tinggi maka cenderung terjadi tipe kegagalan *transverse through thickness* (TTT).

Charde, N (2013) pernah melakukan penelitian tentang pengelasan *spot welding* beda material antara baja tahan karat 304L austenit dan baja karbon sedang dengan ketebalan masing-masing 1 mm. Variasi yang digunakan yaitu arus pengelasan 6; 7; 8 kA , waktu 10; 15; 20 *cycle*, dan gaya yang digunakan 3; 4,5; 6 kN.



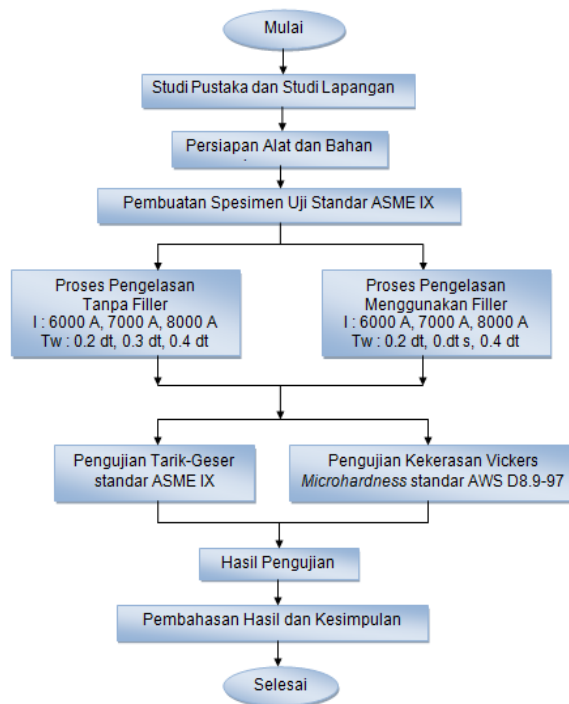
Gambar 3. Nilai kekerasan sambungan beda material
(Charde, N. 2013)

Adapun dari hasil uji kekerasan, *fusion zone* (FZ) nilai kekerasan tampak tidak simetris. Pada sisi stainless steel sedikit mengalami peningkatan nilai kekerasan (dari 86 HRB ke 115 HRB) dan peningkatan nilai hampir dua kali lipat (dari 65 HRB ke 115 HRB) pada sisi baja karbon karena pengaruh proses pendinginan. Walaupun pada daerah kontak dua material mencair, ini menjadi daerah yang berbeda. Pada daerah HAZ nilai kekerasan sedikit lebih rendah (95 HRB pada CS; 105 HRB pada SS) daripada daerah *nugget* tapi lebih tinggi

daripada *base metal*. Bentuk setengah oval dari HAZ mudah terlihat pada baja karbon karena konduktivitas panasnya. Wilayah serupa HAZ tidak terlihat pada setiap sisi stainless. Hasil pengujian kekerasan di atas sudah mencakup semua parameter pengelasan yang dilakukan.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir penelitian

2.2 Bahan dan Alat

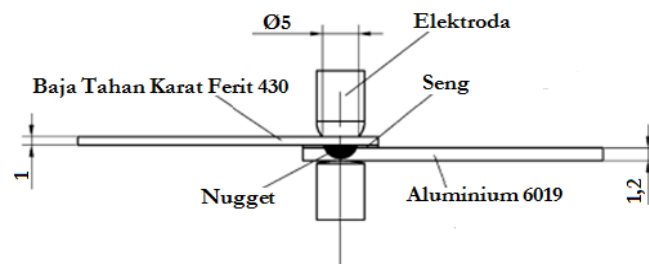
Bahan yang digunakan adalah baja tahan karat tipe ferit seri 430 dengan ketebalan 1 mm; aluminium seri 6019 dengan 1,2 mm; dan seng atau Zinc (Zn) dengan ketebalan 0,2 mm. Bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standar ASME IX.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

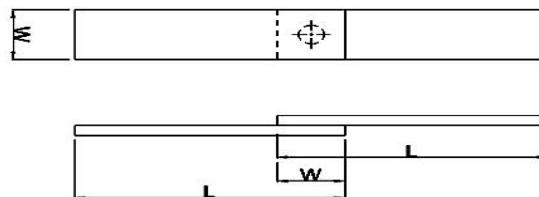
1. Mesin las titik merk Dayok Ok-25
2. Alat uji tarik-geser (*Universal Testing Machine*)
3. Alat uji kekerasan bahan (*Vickers Microhardness Machine*)

2.3 Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan pengelasan las titik (*spot welding*) dengan tipe sambungan tumpang (*lap joint*). Spesimen dibagi menjadi 2 kelompok yaitu tanpa *filler* dan menggunakan *filler* dengan variasi parameter arus 6000; 7000; 8000 A dan waktu pengelasan 0,2; 0,3; 0,4 detik. Proses pengelasan sesuai dengan skema gambar 5.



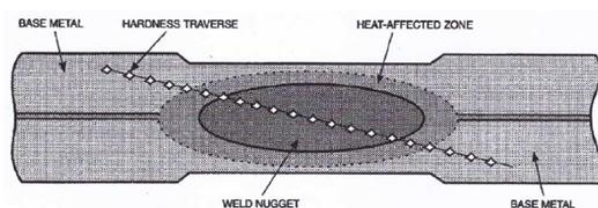
Gambar 5. Skema pengelasan



Gambar 6. Standar pengujian tegangan geser ASME IX

Pengujian tegangan geser pada penelitian ini menggunakan standar ASME IX dengan ukuran spesimen sebagai berikut:

- L = Panjang Spesimen 101,6 mm
- W = Lebar 25,4 mm



Gambar 7. Standar pengujian kekerasan AWS D8.9-97

Pengujian kekerasan menggunakan aturan sesuai dengan standar AWS D8.9-97. Semua pengujian kekerasan dilakukan pada suhu $23 \pm 5^\circ\text{C}$. Beban penekanan konstan yang digunakan adalah 0,2 kg (1961 N) untuk semua penekanan. Penekanan dilakukan dengan jarak 0,4 mm atau tidak kurang dari tiga kali rata-rata diagonal tiap sudut yang berdampingan pada lekukan. Kecepatan indenter mendekati permukaan spesimen tidak boleh lebih dari 200 $\mu\text{m}/\text{detik}$.

Waktu dari awal pemberian gaya pengujian tercapai tidak boleh lebih dari 10 detik. Lama penekanan pada pengujian adalah 10 sampai 15 detik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tegangan Geser

Pengujian tegangan geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan las titik dalam menahan beban yang diberikan. Nilai kekuatan geser pada umumnya dinyatakan dalam satuan N/mm² atau pascal (Pa) yang diperoleh dari rumus gaya dibagi dengan luasan daerah yang terkena gaya geser. Daerah yang terkena gaya geser pada sambungan adalah pada daerah *nugget*. Sedangkan kasus pada penelitian ini adalah *nugget* yang terbentuk hanya terlihat pada aluminium dan *filler* Zn, pada material baja tahan karat sulit untuk menentukan *nugget* yang terbentuk melalui foto makro maupun mikro. Oleh karena itu sulit untuk menentukan luasan yang digunakan untuk memenuhi rumus tegangan geser, sehingga pada penelitian ini untuk mengukur besarnya nilai kekuatan geser sambungan las digunakanlah daya beban dukung geser (*shear load bearing capacity*). Daya beban dukung geser adalah kekuatan sambungan las untuk menahan suatu beban geser yang bekerja. Beban yang diberikan merupakan beban statik. Standar pengujian yang digunakan adalah ASME IX.

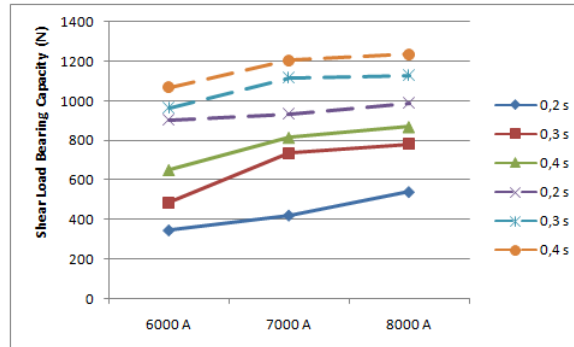
Tabel 1. Hasil pengujian geser spesimen tanpa *filler*

No	Arus (A)	Waktu (detik)	F (N)		Fm (N)
			1	2	
1	6000	0,2	301,5	391,18	346,34
2		0,3	517,46	453,31	485,385
3		0,4	638,8	663,96	651,38
4	7000	0,2	405,78	438,54	422,16
5		0,3	708,47	761,64	735,055
6		0,4	831,49	798,75	815,12
7	8000	0,2	558,37	525,25	541,81
8		0,3	783,03	798,57	790,8
9		0,4	864,68	873,85	869,265

Tabel 2. Hasil pengujian spesimen dengan *filler*

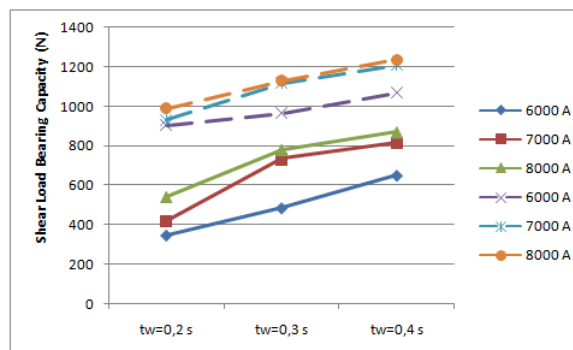
No	Arus (A)	Waktu (detik)	F (N)		Fm (N)
			1	2	
1	6000	0,2	896,63	911,65	904,14
2		0,3	965,07	964,95	965,01
3		0,4	1057,2	1081,71	1069,455
4	7000	0,2	934,52	929,81	932,165
5		0,3	1118,84	1116,25	1117,545
6		0,4	1202,67	1210,83	1206,75
7	8000	0,2	992,59	985,04	988,815
8		0,3	1133,02	1123,52	1128,27
9		0,4	1237,12	1233,21	1235,165

Hasil pengujian pada tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa penggunaan *filler metal* zinc berpengaruh positif terhadap daya beban dukung geser sambungan las.

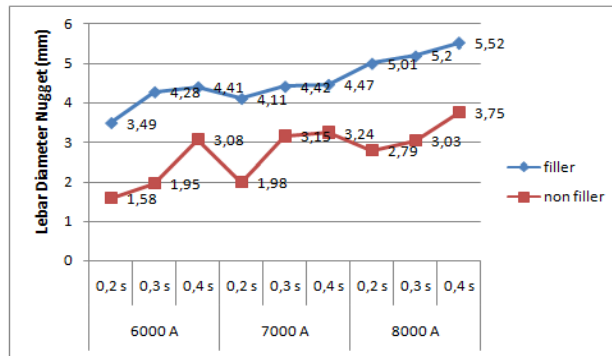


Gambar 8. Grafik pengaruh arus listrik terhadap daya beban dukung geser sambungan las. (garis kontinyu menunjukkan spesimen tanpa *filler*, garis putus-putus menunjukkan spesimen menggunakan *filler*)

Variasi arus listrik maupun waktu pengelasan menunjukkan hasil yang hampir sama besar terhadap nilai daya beban dukung geser sambungan las. Pada grafik 9 dan 10 selain *filler*, pengaruh meningkatnya parameter arus dan waktu juga memberikan peningkatan kekuatan sambungan las. Nilai daya beban dukung geser sambungan las tertinggi terjadi pada arus tertinggi dan *weld time* 0,4 detik dengan menggunakan *filler metal* Zn sebesar 1235,17 N.



Gambar 9. Grafik pengaruh waktu pengelasan terhadap daya beban dukung geser sambungan las. (garis kontinyu menunjukkan spesimen tanpa *filler*, garis putus-putus menunjukkan spesimen menggunakan *filler*)



Gambar 10. Grafik pengaruh *filler metal* Zn terhadap lebar logam las (*nugget*).

Peningkatan kapasitas beban dukung geser sambungan las pada spesimen yang menggunakan *filler metal* Zn terjadi karena mempunyai diameter *nugget* yang lebih besar daripada spesimen tanpa *filler*. Sedangkan semakin besar parameter arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan, maka semakin besar pula daya beban dukung geser sambungan las yang dihasilkan. Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ dimana kuadrat arus berbanding lurus terhadap masukan panas (*heat input*). Sehingga arus yang besar akan mengakibatkan logam yang mencair dan membentuk *nugget* lebih lebar dan mengakibatkan kekuatan gesernya juga meningkat (Agustriyana L, dkk. 2011).

Analisis statistika menggunakan *software* SPSS 19. Metode pengujian yang dilakukan adalah *one ways analysis of variance (anova)*.

Tabel 3. *Output* pengujian statistik

Dependent Variable: Rata-rata					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1003472,222 ^a	1	1003472,222	40,687	,000
Intercept	12242391,102	1	12242391,102	496,386	,000
Penambahan Filler	1003472,222	1	1003472,222	40,687	,000
Error	394608,751	16	24663,047		
Total	13640472,075	18			
Corrected Total	1398080,973	17			

a. R Squared = ,718 (Adjusted R Squared = ,700)

Hipotesis:

H0 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa sambungan las menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler* dinyatakan sama.

Artinya bahwa tidak ada pengaruh adanya penggunaan *filler* terhadap sambungan las.

H1 = Hasil percobaan menunjukkan bahwa sambungan las menggunakan *filler* dan tidak menggunakan *filler* dinyatakan tidak sama.

Artinya bahwa penggunaan *filler* berpengaruh terhadap sambungan las.

Tingkat kepercayaan sebesar 95%

Nilai signifikan $\alpha = 5 \% = 0,05$

Dalam pengujian hipotesis, kriteria H0 ditolak atau diterima berdasarkan nilai *P-value* sebagai berikut:

- a. Jika $\alpha < P\text{-value}$, maka H0 diterima
- b. Jika $\alpha > P\text{-value}$, maka H0 ditolak

Dalam program SPSS digunakan istilah *significance* (yang disingkat sig.) untuk *P-value*, dengan kata lain *P-value* = sig.

Berdasarkan tabel 3 dan hipotesis diatas, dapat diketahui bahwa penggunaan *filler* berpengaruh terhadap sambungan las. Hal ini dapat dilihat dari $\alpha = 0,05$ lebih besar dari harga sig. penambahan *filler* yaitu 0,000 yang berarti hipotesis H0 ditolak dan hipotesis H1 diterima.



Gambar 11. Pola kegagalan uji geser sambungan tanpa *filler* (A), menggunakan *filler* dan *filler* menempel pada baja tahan karat (B), menggunakan *filler* dan *filler* menempel pada aluminium (C)

Setelah proses pengujian tegangan geser dilakukan, pada gambar 26 ditemukan satu jenis kegagalan sambungan las pada semua variasi parameter spesimen uji yaitu *interfacial failure*. Dimana kegagalan sambungan las terjadi pada zona fusi. Pada penggunaan *filler*, juga terjadi tipe kegagalan *interfacial failure* dengan kecenderungan *filler* yang menempel pada baja tahan karat. 4 dari 18 spesimen yang menunjukkan *filler* menempel pada material aluminium. Ini kemungkinan disebabkan oleh perlakuan pada saat pengamplasan yang memberikan penekanan amplas berbeda pada material aluminium. Perbedaan gaya

pengamplasan mengakibatkan tingkat aluminium oksida yang terkikis menjadi berbeda.

3.2 Hasil Uji Kekerasan (*Vickers Microhardness*)

Pengujian kekerasan termasuk pengujian terhadap sifat mekanik, Secara umum kekerasan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Hasil uji kekerasan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 6000 A

6000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4
BM SS	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6
HAZ SS	119	138,9	161,2	184,8	192,6	204,8
HAZ SS	119,2	164	181	192,9	214,4	246,2
Nugget SS	170,6	241,7	244,5	260	272,2	330,2
Nugget ZN	—	—	—	144,1	165,4	180,9
Nugget AL	44,7	88,2	104,5	44	76,9	77,2
HAZ AL	38,7	43,7	45,2	37,6	53,6	61
HAZ AL	38,3	38,9	42,5	36,9	47,3	55
BM AL	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
BM AL	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2

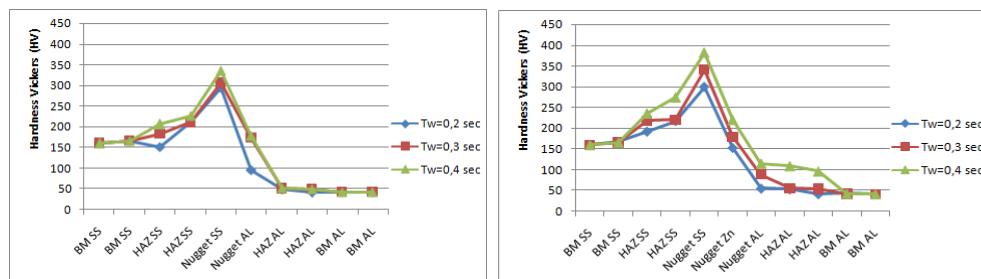
Tabel 5. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 7000 A

7000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4
BM SS	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6
HAZ SS	123,7	146,4	180,6	190,2	205,4	209,9
HAZ SS	134,4	168,8	187,8	214,1	215,3	246,6
Nugget SS	230,4	244,2	253	280	317	336,7
Nugget ZN	—	—	—	144,9	166,9	219,2
Nugget AL	57,8	94,1	156,3	53,3	86	90,8
HAZ AL	40,6	43,1	45,3	45,7	52,8	63,8
HAZ AL	39,2	39,6	43,8	41,8	51,2	58,4
BM AL	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
BM AL	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2

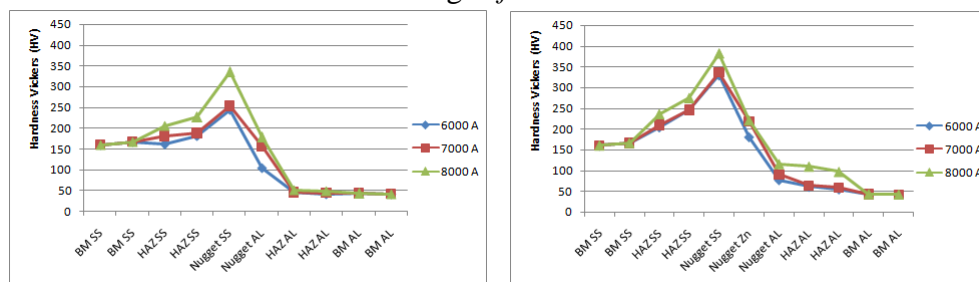
Tabel 6. Nilai kekerasan daerah las pada parameter 8000 A

8000 A	Nilai Kekerasan (HVN)					
Daerah Las	Non Filler			Filler		
	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec	Tw=0,2 sec	Tw=0,3 sec	Tw=0,4 sec
BM SS	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4	160,4
BM SS	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6	166,6
HAZ SS	151,6	182,9	205,8	191,6	218,4	236,1
HAZ SS	212,7	211	226,2	216,9	221	274,9
Nugget SS	294,4	305,3	335	298,6	341	382,3
Nugget ZN	–	–	–	152,6	179,5	220,8
Nugget AL	96,3	173,1	177,8	55	89,5	115,7
HAZ AL	49	50,8	52,1	53,1	57	109,6
HAZ AL	41	49,1	49,5	41,6	55,1	96,9
BM AL	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
BM AL	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2

Dari tabel 4, 5 dan 6 didapatkan bahwa daerah yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah *nugget*, kemudian daerah HAZ dan yang paling rendah yaitu *base metal*. Sedangkan variasi yang paling optimal terjadi di daerah logam las (*nugget*) dengan parameter arus 8000 A dan waktu 0,4 detik.



Gambar 12. Distribusi profil kekerasan pada arus 8000 A (A) tanpa *filler* Zn (B) dengan *filler* Zn

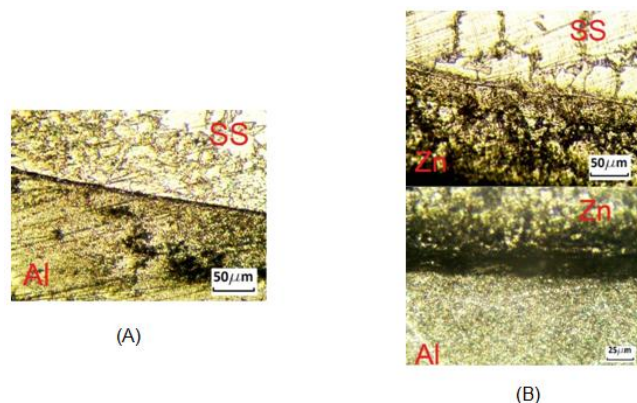


Gambar 13. Distribusi profil kekerasan pada *weld time* 0,4 detik (A) tanpa *filler* Zn (B) dengan *filler* Zn

Tingginya nilai kekerasan pada daerah logam las disebabkan karena pada daerah ini merupakan daerah yang paling besar menerima masukan panas kemudian disusul daerah *HAZ* dan daerah induk logam yang tidak menerima

panas sama sekali. Daerah yang menerima panas tinggi dan pendinginan cepat akan mengalami perubahan fasa dan struktur mikro.

Kekerasan daerah logam las pada spesimen yang menggunakan *filler* mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada spesimen tanpa *filler*. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro di daerah logam las.



Gambar 14. Perbandingan foto mikro pada daerah logam las (A) tanpa *filler*, (B) dengan *filler*.

Dari hasil pengamatan foto mikro menunjukkan bahwa butiran yang terdapat pada spesimen material baja tahan karat dan aluminium dengan menggunakan *filler* mempunyai ukuran yang lebih halus dan kecil daripada material tanpa menggunakan *filler*. Berdasarkan ilmu metalurgi mekanik, semakin kecil ukuran butir material maka semakin keras dan getas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa grafis dan statistik diperoleh bahwa *filler metal Zn* berpengaruh nyata terhadap kekuatan sambungan las.
2. Variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 detik pada spesimen dengan menggunakan *filler* memiliki kekuatan sambungan las yang paling optimal yaitu sebesar 1235,17 N dengan jenis kerusakan sambungan las adalah *interfacial failure mode*.
3. Nilai kekerasan pada spesimen tanpa menggunakan *filler* maupun dengan menggunakan *filler* menunjukkan kecenderungan yang sama. Kekerasan

pada daerah *nugget* mempunyai nilai yang paling tinggi disusul daerah HAZ dan kekerasan paling rendah pada daerah logam induk.

4. Kekerasan yang paling optimal terdapat pada material dengan menggunakan *filler* dengan variasi arus 8000 A dan waktu 0,4 dt.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustriyana, L., Irawan, Y.S., Sugiarto. (2011). *Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Las Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Hasil Las dari Baja Fasa Ganda (Ferrite-Martensite)*, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, p. 175-181.
- ANSI/AWS/SAE/D8.9 An American National Standard. 1997. *Recommended Practices for Test Methods for Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*, American Welding Society, Miami, p. 33-37.
- Aravinthan, A and Nachimani, C. 2011. *Analysis of Spot Weld Growth on Mild and Stainless steel*. Supplement To The Welding Journal , vol.90, (August 2011). p 143-147.
- Arghavani, M. dkk. (2016). *Role of zinc layer in resistance spot welding of aluminium to steel*. doi: [10.1016/j.matdes.2016.04.033](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.04.033). Department of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, P.O. Box 11365-9466, Azadi Ave., Tehran, Iran.
- ASME IX 2010. *Welding and Brazing Qualifications*. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.
- Atabaki M, dkk. 2013. *Welding of aluminum alloys to steels: an overview*. OMB No. 0704-0188.
- Charde, N. (2013). *Investigating Spot Weld Growth On 304 Austenitic Stainless Steel (2 mm)*. Journal of Engineering Science and Technology Vol. 8, No. 1 (2013) 69 – 76 Annual Book of ASME IX Standard, 2001, *Qualification Standard for Welding and Brazing Prosedures, Welder, Brazers, and Welding and Brazing Operations*, p.152-185, The American Society of Mechanical Engineers, New York.
- Mirza, F. dkk. (2016). *Effect of welding energy on microstructure and strength of ultrasonic spot welded dissimilar joints of aluminum to steel sheets*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.05.040>
- Ghozali, M., M.Com., Akt., 2011, *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 19*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wirjosumarto H., Okumura T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta. Pradya Paramita